

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)
:)
Kojo KAKIZAKI et al.) Group Art Unit: 2881
:)
Application No.: 09/803,983) Examiner: Unknown
:)
Filed: March 13, 2001)
:)
For: ArF EXCIMER LASER DEVICES, KrF)
EXCIMER LASER DEVICES AND)
FLUORINE LASER DEVICES)

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C.

§ 119 is hereby claimed:

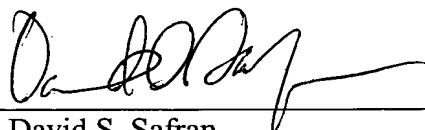
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2000-072201	MARCH 15, 2000

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application.

Acknowledgment of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

Dated: June 13, 2001

By: 
David S. Safran
Registration No. 27,997

NIXON PEABODY LLP
8180 Greensboro Drive, Suite 800
McLean, Virginia 22102
Telephone: (703) 790-9110

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-072201

出 願 人

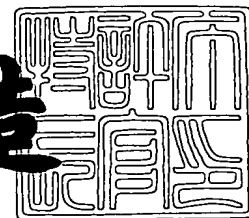
Applicant (s):

株式会社ウシオ総合技術研究所

2001年 2月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3008330

【書類名】 特許願

【整理番号】 NUS000018

【提出日】 平成12年 3月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03S 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県御殿場市駒門1-90 株
株式会社ウシオ総合技術研究所

【氏名】 柿崎 弘司

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県御殿場市駒門1-90 株
株式会社ウシオ総合技術研究所

【氏名】 多田 昭史

【特許出願人】

【識別番号】 397060245

【氏名又は名称】 株式会社ウシオ総合技術研究所

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荻澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9811722

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 A r F エキシマレーザ装置、K r F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極とその一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有する A r F エキシマレーザ装置において、

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 5 0 % 以上であることを特徴とする A r F エキシマレーザ装置。

【請求項 2】 前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成したことを特徴とする請求項 1 記載の A r F エキシマレーザ装置。

【請求項 3】 前記レーザパルスの出力波形の半値全幅が 2 0 n s 以上で、前記出力レーザパルスの持続時間が 5 0 n s 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の A r F エキシマレーザ装置。

【請求項 4】 共振器中のラウンドトリップ回数が 5 回以上であることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項の A r F エキシマレーザ装置。

【請求項 5】 前記磁気パルス圧縮回路は、半導体スイッチと少なくとも 1 段以上のコンデンサ及び磁気スイッチからなる磁気パルス圧縮部を備え、

前記ピーキングコンデンサの容量 C_p と前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前

記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサの容量 C_n との比 C_p / C_n が0.75以下であることを特徴とする請求項1から4の何れか1項のArFエキシマレーザ装置。

【請求項6】 前記レーザチャンバ内のAr分圧が3%以下であることを特徴とする請求項1から5の何れか1項のArFエキシマレーザ装置。

【請求項7】 前記レーザチャンバ内の全ガス圧が3.5気圧以下であることを特徴とする請求項1から6の何れか1項のArFエキシマレーザ装置。

【請求項8】 前記放電電極の電極間距離が17mm以下であることを特徴とする請求項1から7の何れか1項のArFエキシマレーザ装置。

【請求項9】 前記レーザチャンバ内に配置された光共振器の出力鏡の反射率が50%以上であることを特徴とする請求項1から8の何れか1項記載のArFエキシマレーザ装置。

【請求項10】 前記磁気パルス圧縮回路は、半導体スイッチと少なくとも1段以上のコンデンサ及び磁気スイッチからなる磁気パルス圧縮部を備え、

前記ピーキングコンデンサと前記主放電電極とが形成する回路ループのインダクタンスが4～8nH、前記レーザチャンバ内の全ガス圧が2.5～3.7気圧であり、この中のフッ素分圧が0.1%以下であって、さらに、前記主放電電極に印加される電圧のブレークダウンが発生するまでの立ち上がり時間が30～80nsであるとき、

前記ピーキングコンデンサの容量 C_p と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサの容量 C_n とが、 $0.45 < C_p / C_n < 0.75$ の関係にあることを特徴とする請求項1から9の何れか1項記載のArFエキシマレーザ装置。

【請求項11】 前記ピーキングコンデンサの容量 C_p は10nF未満であることを特徴とする請求項10記載のArFエキシマレーザ装置。

【請求項12】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバ内に配置された一对のレーザ放電電極とその一对のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有するフッ素レーザ装置において、

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形

であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 50 % 以上であることを特徴とするフッ素レーザ装置。

【請求項 1 3】 前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成したことを特徴とする請求項 1 2 記載のフッ素レーザ装置。

【請求項 1 4】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバ一内に配置された一対のレーザ放電電極とその一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有する K r F エキシマレーザ装置において、

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 50 % 以上であることを特徴とする K r F エキシマレーザ装置。

【請求項 1 5】 前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成したことを特徴とする請求項 1 4 記載の K r F エキシマレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、紫外線を放出するガスレーザー装置に関し、特に、A r Fエキシマレーザー装置、K r Fエキシマレーザー装置及びフッ素レーザー装置において、レーザー発振パルス幅の長いレーザー動作を行うガスレーザー装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、その製造用の投影露光装置においては解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される露光光の短波長化が進められており、現在、半導体露光用光源として水銀ランプより放出する光の波長が短いK r Fエキシマレーザー装置が用いられ、さらに、次世代の半導体露光用光源として、A r Fエキシマレーザー装置及びフッ素レーザー装置等の紫外線を放出するガスレーザー装置が有力である。

【 0 0 0 3 】

前記ガスレーザー装置では、フッ素(F_2)ガス、クリプトン(K r)ガス及びバッファーガスとしてのネオン(N e)等の希ガスからなる混合ガス、あるいは、A r Fエキシマレーザー装置においては、フッ素(F_2)ガス、アルゴン(A r)ガス及びバッファーガスとしてのネオン(N e)等の希ガスからなる混合ガス、あるいは、フッ素レーザー装置においては、フッ素(F_2)ガス及びバッファーガスとしてヘリウム(H e)等の希ガスからなる混合ガスであるレーザーガスが数百k P aで封入されたレーザーチェンバの内部で放電を発生させることにより、レーザー媒質であるレーザーガスが励起される。

【 0 0 0 4 】

ところで、A r Fエキシマレーザー装置は、中心発振波長が1 9 3 . 3 n mであり、現在露光用光源として使用されているK r Fエキシマレーザー装置の中心発振波長2 4 8 n mより短い。このため、ステッパ等の露光装置の投影レンズ系に使用されている硝材である石英に与えるダメージがK r Fエキシマレーザー装置を使用した場合と比較して大きく、レンズ系の寿命が短くなるという問題がある。

【0005】

石英のダメージとしては、2光子吸収によるカラーセンターの形成とコンパクション（屈折率上昇）がある。前者は透過率の減少、後者はレンズ系の分解能の減少として現れる。このような影響は、レーザパルス幅を長くすること（ロングパルス化）によって回避可能である。なお、このロングパルス化は、以下の点からも要請される。

【0006】

投影露光装置において、回路パターン等が施されたマスクの像が、投影レンズを介してフォトリジストが塗布されたウエーハ等のワークに投影される投影像の解像度Rと焦点深度DOFは、次式で表される。

【0007】

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$DOF = k_2 \cdot \lambda / (NA)^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 k_1 、 k_2 はレジストの特性等を反映する係数、 λ は露光用光源から放出される露光光の波長、NAは開口数である。

【0008】

解像度Rを向上させるため、(1)式から明らかなように、露光光の波長の短波長化、高NA化が進んでいるが、その分、(2)式が示す通り、焦点深度DOFが小さくなる。そのため、色収差の影響が大きくなるので、露光光のスペクトル線幅をより狭くする必要がある。すなわち、露光用光源として使用される前記したガスレーザ装置から放出されるレーザ光のスペクトル線幅のさらなる狭帯化が要請される。

【0009】

ここで、Proc. SPIE Vol. 3679, (1999) 1030~1037には、レーザパルス幅が長くなると、それに伴って、レーザ光のスペクトル線幅が狭くなって行くことが記載されており、実際、本発明者等の実験でもこれは証明された。すなわち、解像度Rを向上させるためには、レーザ光のスペクトル線幅のさらなる狭帯化が要請され、そのためにはレーザパルス幅のロングパルス化が必要となる。

【0010】

このような背景において、本出願人は、特願平11-362688号においてロングパルス化の手段として、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザーチェンバー内に配置された一対のレーザー放電電極とその一対のレーザー放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有するArFエキシマレーザー装置において、磁気パルス圧縮回路からピーキングコンデンサを介して放電電極へエネルギーを注入する1次電流と、磁気パルス圧縮回路の最終段のピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから放電電極へエネルギーを注入する2次電流とを重畳させ、かつ、2次電流の振動周期を1次電流の振動周期より長く設定して、2次電流が重畳した1次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも2つの半周期とによって1パルスのレーザー発振動作を行うように構成することを提案した。

【0011】

ところで、レーザーパルスの出力波形の半値全幅FWHM（時間的なレーザー形状の半値全幅。以下、単にパルス幅FWHMという。）が30ns以上となるレーザーパルス波形のものとしてProc. SPIE Vol. 3679. (1999) 1050~1057の公知例がある。

【0012】

一般的に、パルス幅FWHMを長くすると、光共振器中のラウンドトリップ数（光共振器中でのレーザー光の往復の回数）が増加し、スペクトル幅は狭くなる。

【0013】

また、Proc. SPIE Vol. 3679. (1999) 1030~1037には、同じパルス幅において、パルスの後半部の強度を相対的に大きくすることでスペクトル幅がさらに狭くなることが記載されている。この文献では、フッ素濃度変化によるレーザーパルス波形形状の変化とスペクトル幅の関係を記載している（ただし、FWHMが20ns台の波形において）。

【0014】

上記のロングパルス化とは別に、0.4pm以下に狭帯域化する方法として、エタロンカップラーを光共振器に用いることが特開平11-8431号において

提案されている。

【0015】

なお、フッ素レーザ装置のパルス幅FWHMは12ns以下のものが公知である。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、Proc. SPIE Vol. 3679, (1999) 1030～1037に開示されたArFエキシマレーザ装置においては、パルス幅FWHMが20ns台であり、線幅を0.4pm以下にするには発振効率が低下する。また、フッ素濃度を小さくすると出力が低下するので、フッ素濃度によりロングパルス化するには限界がある。

【0017】

また、特開平11-8431号のもののように、エタロンカッブラーを使用すると、中心波長の制御が困難になる等の技術障壁が高い。

【0018】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、本出願人によって提案したロングパルス化の手段にレーザパルス波形形状を変化させる手法を導入して、パルス幅の半値全幅が20ns以上で、パルスの持続時間が50ns以上で、スペクトル幅の半値全幅が0.35pm以下のものが可能な露光用ArFエキシマレーザ装置、並びに、前記手法の導入によって従来よりロングパルス化されてKrFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置を提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明のArFエキシマレーザ装置は、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極とその一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有するArFエキシマレーザ装置において、

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形

であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 5 0 % 以上であることを特徴とするものである。

【 0 0 2 0 】

この場合に、前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成することが望ましい。

【 0 0 2 1 】

また、前記レーザパルスの出力波形の半値全幅は、2 0 n s 以上で、前記出力レーザパルスの持続時間が 5 0 n s 以上であることが望ましい。

【 0 0 2 2 】

また、共振器中のラウンドトリップ回数が 5 回以上であることが望ましい。

【 0 0 2 3 】

また、前記磁気パルス圧縮回路は、半導体スイッチと少なくとも 1 段以上のコンデンサ及び磁気スイッチからなる磁気パルス圧縮部を備え、

前記ピーキングコンデンサの容量 C_p と前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサの容量 C_n との比 C_p / C_n が 0.75 以下であることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

また、前記レーザチャンバ内の A_r 分圧が 3 % 以下であることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

また、前記レーザチャンバ内の全ガス圧が 3.5 気圧以下であることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

また、前記放電電極の電極間距離が 1 7 m m 以下であることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

また、前記レーザチャンバ内に配置された光共振器の出力鏡の反射率が 5 0 % 以上であることが望ましい。

【 0 0 2 8 】

また、以上において、より具体的に、前記磁気パルス圧縮回路は、半導体スイッチと少なくとも 1 段以上のコンデンサ及び磁気スイッチからなる磁気パルス圧縮部を備え、

前記ピーキングコンデンサと前記主放電電極とが形成する回路ループのインダクタンスが 4 ～ 8 n H、前記レーザチャンバ内の全ガス圧が 2 . 5 ～ 3 . 7 気圧であり、この中のフッ素分圧が 0 . 1 % 以下であって、さらに、前記主放電電極に印加される電圧のブレイクダウンが発生するまでの立ち上がり時間が 3 0 ～ 8 0 n s であるとき、

前記ピーキングコンデンサの容量 C_p と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサの容量 C_n とが、 $0 . 4 5 < C_p / C_n < 0 . 7 5$ の関係にあることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

また、前記ピーキングコンデンサの容量 C_p は 1 0 n F 未満であることが望ましい。

【 0 0 3 0 】

本発明のフッ素レーザ装置は、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一对のレーザ放電電極とその一对のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有するフッ素レーザ装置において

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 5 0 % 以上であることを特徴とするもの

である。

【 0 0 3 1 】

この場合に、前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成することが望ましい。

【 0 0 3 2 】

本発明の K r F エキシマレーザ装置は、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極とその一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有するフッ素レーザ装置において、

レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合) が 5 0 % 以上であることを特徴とするものである。

【 0 0 3 3 】

この場合に、前記磁気パルス圧縮回路から前記ピーキングコンデンサを介して前記放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、前記磁気パルス圧縮回路の最終段の前記ピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから前記放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、前記 2 次電流の振動周期を前記 1 次電流の振動周期の 3 倍から 6 倍に設定して、

前記 2 次電流が重畳した前記 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成することが望ましい。

【 0 0 3 4 】

本発明においては、レーザパルス出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とすると、(パルス後半部の割合) が 50% 以上であるので、ロングパルス化した Ar F エキシマレーザ装置において、スペクトル幅の半値全幅が 0.35 pm 以下に狭帯域化した露光用のものを実現することができる。また、Kr F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置においては、従来のものよりロングパルス化が可能となる。

【 0 0 3 5 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の原理とその実施例について、図面に基づいて説明する。

【 0 0 3 6 】

まず、本出願人による特願平 11-362688 号で提案したロングパルス化の手段の内容を結論に限定して説明する。詳細は、特願平 11-362688 号参照。

【 0 0 3 7 】

その原理としては、ロングパルス化回路の具体的な動作として、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサから放電空間に流れる 1 次電流の立上りを速く、かつ、ピーク値を高くし、さらに、その周期を短くし、放電を安定持続しやすくすると共に、ピーキングコンデンサから放電空間に流れる 1 次電流の第 2 周期に、磁気パルス圧縮回路のピーキングコンデンサ充電用のコンデンサに残留している電荷（放電までにピーキングコンデンサに移行せずに残った分）を合わせて流れるようにすることによって、1 次電流極性が反転する 1 パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも 2 つの半周期によってレーザ発振動作をするようにすることである。

【 0 0 3 8 】

この状態の概念図を図 1 に示す。ピーキングコンデンサから流れる 1 次電流の立上りが速く、ピーク値が高く、その周期が短くなるように回路定数を定めることにより（具体的な回路構成、回路定数は後述する。）、放電を安定持続しやすくする。

【 0 0 3 9 】

一方、放電開始時に、磁気パルス圧縮回路のピーキングコンデンサ充電用のコンデンサ（最終段のコンデンサ）に電荷が残留するように回路定数を定めて（具体的な回路構成、回路定数は後述する。）、その残留電荷が放電空間に流れる 2 次電流の周期を 1 次電流の周期より長く（例えば 3 倍以上 6 倍以下）に設定する。

【 0 0 4 0 】

そして、放電電極間に流れる電流をこの 1 次電流と 2 次電流とが重畳したものとして、図 1 のように、重畳した電流の極性が反転する振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うようにする。

【 0 0 4 1 】

補足的に説明すると、図 1 の重畳した振動電流の第 1 の半周期と第 3 の半周期は同じ極性であり、電流が重畳して強度が大きくなっており、その間に放電空間に注入されるエネルギーは、2 次電流がない従来の場合に比較して大きくなっており、発振エネルギーも大きくなる。しかし、振動電流の第 2 の半周期においては、電流値は逆に小さくなるため、注入されるエネルギーは少なくなるが、この間も第 1 の半周期に続いて放電空間内で極性は反転するものの放電が持続していて効率的にエネルギーが注入されるので、レーザ発振動作は第 1 の半周期から第 2 の半周期、そして第 3 の半周期と持続させることができる。

【 0 0 4 2 】

このように、磁気パルス圧縮回路からピーキングコンデンサを介して放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流と、磁気パルス圧縮回路のピーキングコンデンサ充電用のコンデンサから放電電極へエネルギーを注入する 2 次電流とを重畳させ、かつ、2 次電流の振動周期を 1 次電流の振動周期より長く設定し、2 次電流

が重畳した 1 次電流の極性が反転する放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも 2 つの半周期とによって 1 パルスのレーザ発振動作を行うように構成することにより、 $T_{is} \geq 40 \text{ ns}$ とロングパルス化が可能になり、線幅が 0.5 pm (半値) より狭くなり、解像度が向上し、また、そのロングパルス化によりピーク光強度が低下したことにより、石英材料のダメージを軽減することもできる。

【0043】

ここで、パルス幅 T_{is} は次の式 (3) で定義されるものである。

【0044】

$$T_{is} = (\int T(t) dt)^2 / \int (T(t))^2 dt \quad \dots (3)$$

ここで、 $T(t)$ は時間的なレーザ形状である。

【0045】

図 2 は、後記の本発明の露光用 Ar F エキシマレーザ装置の構成例を示す図であり、図中、1 はレーザチェンバであり、両端に窓部が設けられ、フッ素ガス、アルゴンガス及びバッファーガス (例えばネオンガス) からなる混合ガスであるレーザガスが封入されている。

【0046】

レーザチェンバ 1 の内部には、所定間隔だけ離間して対向した一対の放電電極 2、2 が設けられ、高電圧パルス発生装置 3 より高電圧パルスを印加して放電電極 2、2 間に放電を発生させることにより、レーザ媒質であるレーザガスが励起される。レーザチェンバ 1 内に設置されたファン 4 によって、レーザガスはレーザチェンバ 1 内部を循環する。

【0047】

このレーザガス循環により、放電電極 2 間のレーザガスは、放電発生後、次の放電が発生する前に新しいガスに置換されるので、次の放電は安定な放電となる。

【0048】

本発明者等はレーザチェンバ 1 のレーザガス循環構造、ファン 4 の形状等の改良を行い、繰返し周波数 2 kHz 以上を実現した。

【 0 0 4 9 】

レーザチェンバ 1 の一方の端部側には、レーザ光のスペクトル幅を狭帯域化するための狭帯域化光学系を有する狭帯域化モジュール 5 が設けられる。狭帯域化モジュール 5 は、例えば、1 個以上のプリズムからなるビーム径拡大光学系とリトロー配置の反射型回折格子とから構成される。レーザチェンバ 1 の他方の端部側には出力鏡 6 が設けられ、この出力鏡 6 と狭帯域化モジュール 5 に設置された狭帯域化光学系によりレーザ共振器が構成される。

【 0 0 5 0 】

出力鏡 6 より放出された A r F エキシマレーザ光の一部はビームサンプラー 7 により取り出され、レーザ光の時間的波形を検出する波形検出手段 8 に導かれる。波形検出手段 8、例えば、フォトダイオード又は光電子増倍管を光電変換手段として備えている。波形検出手段 8 で得られた波形データは、パルス幅算出手段 9 に送られる。パルス幅算出手段 9 は、受け取ったパルス幅データに基づいて、式 (3) に従って、レーザパルス幅 T_{is} を算出する。

【 0 0 5 1 】

このような A r F エキシマレーザ装置の主放電電極 2、2 の間に図 3 に示すような励起回路により主放電電圧が、また、コロナ予備電離部 1 0 の電極 1 1 と 1 3 の間に予備電離用コンデンサ C c を介して予備放電電圧が印加される。なお、この例において、コロナ予備電離部 1 0 は、例えば、第 1 電極 1 1 が高純度アルミナセラミックス等の誘電体物質製の片側開放のチューブ 1 2 内に円柱状電極を挿入して構成され、第 2 電極 1 3 が矩形の板状体電極から構成され、第 2 電極 1 3 の板状体はその 1 つの直線状のエッジ近傍で屈曲されており、そのエッジにおいて第 1 電極 1 1 の誘電体チューブ 1 2 の外面に平行に線接触してなり、その接触位置が、主放電電極 2、2 の間のレーザ励起空間を見込むことができる位置の一方の主放電電極 2 に近接して配置されてなるものである。

【 0 0 5 2 】

図 3 の励起回路は、可飽和リアクトルからなる 3 個の磁気スイッチ S L 0、S L 1、S L 2 を用いた 2 段の磁気パルス圧縮回路からなる。磁気スイッチ S L 0 は固体スイッチ S W 保護用のものであり、第 1 の磁気スイッチ S L 1 と第 2 の磁

気スイッチ S L 2 により 2 段の磁気パルス圧縮回路を構成している。

【 0 0 5 3 】

図 3 に従って回路の構成と動作を以下に説明する。まず、高電圧電源 H V の電圧が所定の値に調整され、磁気スイッチ S L 0、インダクタンス L 1 を介して主コンデンサ C 0 が充電される。このとき、固体スイッチ S W はオフになっている。主コンデンサ C 0 の充電が完了し、固体スイッチ S W がオンとなったとき、固体スイッチ S W 両端にかかる電圧は磁気スイッチ S L 0 の両端にかかるよう移り、固体スイッチ S W を保護する。磁気スイッチ S L 0 の両端にかかる主コンデンサ C 0 の充電電圧 V 0 の時間積分値が磁気スイッチ S L 0 の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチ S L 0 が飽和して磁気スイッチが入り、主コンデンサ C 0、磁気スイッチ S L 0、固体スイッチ S W、コンデンサ C 1 のループに電流が流れ、主コンデンサ C 0 に蓄えられた電荷が移行してコンデンサ C 1 に充電される。

【 0 0 5 4 】

この後、コンデンサ C 1 における電圧 V 1 の時間積分値が磁気スイッチ S L 1 の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチ S L 1 が飽和して磁気スイッチが入り、コンデンサ C 1、コンデンサ C 2、磁気スイッチ S L 2 のループに電流が流れ、コンデンサ C 1 に蓄えられた電荷が移行してコンデンサ C 2 に充電される。

【 0 0 5 5 】

さらに、この後、コンデンサ C 2 における電圧 V 2 の時間積分値が磁気スイッチ S L 2 の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチ S L 2 が飽和して磁気スイッチが入り、コンデンサ C 2、ピーキングコンデンサ C p、磁気スイッチ S L 2 のループに電流が流れ、コンデンサ C 2 に蓄えられた電荷が移行してピーキングコンデンサ C p が充電される。

【 0 0 5 6 】

図 3 の説明から明らかなように、予備電離のためのコロナ放電は、誘電体チューブ 1 2 と第 2 電極 1 3 とが接触している個所を基点として誘電体チューブ 1 2 の外周面に発生するが、図 3 のピーキングコンデンサ C p の充電が進むにつれて

その電圧 V_3 が上昇し、 V_3 が所定の電圧になるとコロナ予備電離部の誘電体チューブ 1 2 表面にコロナ放電が発生する。このコロナ放電によって誘電体チューブ 1 2 の表面に紫外線が発生し、主放電電極 2、2 間のレーザ媒質であるレーザガスが予備電離される。

【0057】

ピーキングコンデンサ C_p の充電がさらに進むにつれて、ピーキングコンデンサ C_p の電圧 V_3 が上昇し、この電圧 V_3 がある値（ブレイクダウン電圧） V_b に達すると、主放電電極 2、2 間のレーザガスが絶縁破壊されて主放電が開始し、この主放電によりレーザ媒質が励起され、レーザ光が発生する。

【0058】

この後、主放電によりピーキングコンデンサ C_p の電圧が急速に低下し、やがて充電開始前の状態に戻る。

【0059】

このような放電動作が固体スイッチ SW のスイッチング動作によって繰り返し行なわれることにより、所定の繰り返し周波数でのパルスレーザ発振が行われる。

【0060】

ここで、磁気スイッチ SL_1 、 SL_2 及びコンデンサ C_1 、 C_2 で構成される各段の容量移行型回路のインダクタンスを後段に行くにつれて小さくなるように設定することにより、各段を流れる電流パルスのパルス幅が順次狭くなるようなパルス圧縮動作が行われ、主放電電極 2、2 間に短パルスの強い放電が実現される。

【0061】

ところで、半導体露光用の光源としての ArF エキシマレーザ装置の場合、主放電電極 2、2 間の間隔は 14 ～ 18 mm 程度、長さは 550 ～ 750 mm 程度ある必要がある。

【0062】

そして、上記の原理のロングパルス化のためには、ピーキングコンデンサ C_p の容量は 10 nF 未満にする必要がある。

【 0 0 6 3 】

そして、主放電電極 2、2 に印加される電圧のブレイクダウンが発生するまでの立ち上がり時間は、 $30 \sim 80 \text{ ns}$ の範囲にあることが重要である。ここで、ブレイクダウン電圧 V_b までの立上り時間の定義は、主放電電極 2、2 間に印加される電圧 V_3 の最初の $1/2$ 周期の立ち上がり部の最も急峻になる部分を直線近似し、その直線が電圧 0 の直線と交差する点からブレイクダウン電圧 V_b に至る点までの時間である。

【 0 0 6 4 】

また、図 3 の励起回路のピーキングコンデンサ C_p と主放電電極 2、2 が形成するループ（放電電流回路）中の浮遊インダクタンスは可能な限り小さくすればよいが、實際上 $4 \sim 8 \text{ nH}$ 程度より小さくできない。

【 0 0 6 5 】

また、ArF においては、 $\text{Ar} + \text{F}_2 + \text{Ne}$ からなる $2.5 \sim 3.7$ 気圧のレーザガスを用いる場合に、レーザガスの全圧に対するフッ素分圧を 0.1% 以下にすることが望ましい。

【 0 0 6 6 】

また、 C_n を磁気パルス圧縮回路の最終段のコンデンサ（図 3 の場合は、コンデンサ C_2 ）の容量とすると、 C_p と C_n の比が、 $0.45 < C_p / C_n < 0.75$ の範囲にあることが必要である。

【 0 0 6 7 】

また、予備電離コンデンサ容量 C_c は C_p の 5% 以下が望ましい。

【 0 0 6 8 】

また、光共振器の出力鏡 6 の反射率を 50% 以上に高くすることが望ましい。

【 0 0 6 9 】

また、ラウンドトリップ数（光共振器中でのレーザ光の往復の回数）を 6 以上にすることが望ましい。

【 0 0 7 0 】

このようにして、特願平 11-362688 号においては、繰返し周波数 2 kHz 以上、式 (3) で定義されるレーザパルス幅 T_{is} が 40 ns 以上、レーザパ

ルス幅 FWHM 20 ns 以上で、持続時間（レーザパルス発振の最初から最後まで
の時間：図 4）50 ns 以上の、高繰返しロングパルス化の狭帯域 A r F エキ
シマレーザ装置を実現している。

【 0 0 7 1 】

さて、本発明の A r F エキシマレーザ装置においては、上記の特願平 1 1 - 3
6 2 6 8 8 号のロングパルス化の手段を前提にして、スペクトル線幅のさらなる
狭帯化を行うものである。

【 0 0 7 2 】

以下、図 1 ～図 3 に関する説明を前提にして説明する。前記したように、図 1
の重畳した振動電流の第 1 の半周期と第 3 の半周期は同じ極性であり、電流が重
畳して強度が大きくなっており、その間に放電空間に注入されるエネルギーは、
2 次電流がない従来の場合に比較して大きくなっており、発振エネルギーも大き
くなる。しかし、振動電流の第 2 の半周期においては、電流値は逆に小さくなる
ため、注入されるエネルギーは少なくなる。そのため、特願平 1 1 - 3 6 2 6 8
8 号の原理による A r F エキシマレーザ装置から発振されるレーザパルスの出力
波形は、實際上、図 4 に示すように、前半ピーク p 1 と後半ピーク p 2 とからな
る二山形状の波形となり、この前半ピーク p 1 は、図 1 の重畳した振動電流の第
1 の半周期に対応し、後半ピーク p 2 は第 3 の半周期に対応し、その間の谷が振
動電流の第 2 の半周期に対応するものである。なお、この 2 つの大きなピーク p
1、p 2 の波形に重畳している小さい周期の小さい波形（リップル）のピーク p
r は、ラウンドトリップに対応する出力波形ピークであり、そのラウンドトリッ
プに対応する出力波形ピーク p r の間隔時間は、共振器長の 2 倍を光速で割った
ものになる。

【 0 0 7 3 】

さて、このような二山形状のレーザパルス波形において、その波形の発振初期
から時間経過に応じた発振レーザ光のスペクトル幅 FWHM の変化を調べた結果
を図 5 に示す。この図から明らかなように、レーザパルス波形の時間経過に伴い
スペクトル幅は狭くなって行く。これは、1 つのパルス中で初期に発振するレー
ザ光のスペクトル幅は比較的広く、時間が経つに従って狭くなって行くことを意

味する。このようにスペクトル幅が時間の経過と共に減少するのは、発振レーザー光の共振器中のラウンドトリップ数が時間と共に増加するからであり、原理的に合理的に説明できる。

【0074】

図5の関係は、図6、図7、図8のように二山形状の波形が変化しても変わらず、略時間のみに依存することが実験的に明らかになっている。

【0075】

この結果から、二山形状のレーザーパルス波形において、1つのパルスの平均のスペクトル幅FWHMは、後半ピークp2の面積の割合が前半ピークp1の面積に比して高い程狭くなることが予想される。半導体露光用の光源としてのArFエキシマレーザー装置の場合、この1パルスの平均のスペクトル幅FWHMが狭ければ狭い程、露光光学系の色収差の影響が小さくなるので、この1パルスの平均のスペクトル幅FWHMを可能な限り狭くすることが望ましい。

【0076】

二山形状のレーザーパルス波形の前半ピークp1の面積と後半ピークp2の面積との比を表すパラメータとして、図4に示すように、前半ピークp1の高さ（ピーク値）を P_1 、後半ピークp2の高さ（ピーク値）を P_2 として、後半ピークp2の前半ピークp1に対する割合を以下の式で定義する。

【0077】

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%) \quad \dots (4)$$

二山形状のレーザーパルスの出力波形を図6、図7、図8のように変化させ、（パルス後半部の割合）に対するスペクトル幅をプロットすると図9のような関係になる。ここで、厳密には、パルス後半部の割合は、ピーク値の比 $P_2 / (P_1 + P_2)$ ではなく、面積の比で表されるべきであるが、上記の放電電極間に流れる電流を1次電流と2次電流を重ねた振動電流を流して得られるレーザーパルスの場合は、上記の式（4）で近似できる。

【0078】

図9の結果から、ArFエキシマレーザー装置からのレーザーパルスの出力波形に

おける平均スペクトル幅 FWHM を、半導体露光装置で要請される 0.35 pm 以下にするには、(パルス後半部の割合) を 50% 以上にする必要があることが分かり、さらには、平均スペクトル幅 FWHM を 0.3 pm 以下にするには、(パルス後半部の割合) を 70% 以上にする必要があることが分かる。

【0079】

また、次の式 (5) で定義されるラウンドトリップ数が多ければ多い程、共振の効果が出てスペクトル幅 FWHM は狭くなるが、通常の露光用 ArF エキシマレーザ装置の場合、共振器長は 1.2 ~ 1.5 m に設定されるので、ラウンドトリップ数の下限は 5 回以上となり、それより多い数に設定されるのが望ましい。

【0080】

$$(\text{ラウンドトリップ数}) = (\text{パルス持続時間}) / \{2 \times (\text{共振器長}) / c\} \quad \dots (5)$$

ところで、二山形状のレーザパルスの式 (4) で定義される (パルス後半部の割合) を増加させるには、磁気パルス圧縮回路からピーキングコンデンサを介して放電電極へエネルギーを注入する 1 次電流によるレーザ発振割合を相対的に減少させるようにすればよい。そのために変化させるパラメータとしては、 C_p / C_n 、Ar 濃度、レーザガスの全圧、主放電電極 2、2 間の間隔、光共振器の出力鏡 6 の反射率があげられる。以下、順に説明する。

【0081】

C_p / C_n の値は 1 次電流に直接関係するため、 C_p の値を小さくすれば 1 次電流が相対的に減少するので、 C_p / C_n が減少すると (パルス後半部の割合) が増加する。図 10 に、Ar 濃度 3%、全ガス圧 3.5 気圧における C_p / C_2 依存性の実際の測定結果を示す。この測定結果から、(パルス後半部の割合) を 50% 以上にするには、 C_p / C_n は 0.75 以下であることが望ましいと言える。

【0082】

Ar 濃度に関しては、Ar ガス濃度が減少するとエキシマの生成量が減少するので、立ち上がり領域での発振が相対的に減少し、(パルス後半部の割合) が増加する。図 11 に、 $C_p : 9 \text{ nF}$ 、 $C_2 : 12 \text{ nF}$ 、全ガス圧 3.5 気圧におけ

る A_r 濃度依存性の実際の測定結果を示す。この測定結果から、（パルス後半部の割合）を 50 % 以上にするには、 A_r 濃度は 3 % 以下であることが望ましいと言える。

【 0 0 8 3 】

レーザガス全圧に関しては、全ガス圧が低くなると放電開始電圧が低くなるので、1 次電流が相対的に減少する。そのため、全ガス圧が減少すると（パルス後半部の割合）が増加する。図 1 2 に、 $C_p : 9 \text{ nF}$ 、 $C_2 : 12 \text{ nF}$ 、 A_r 濃度 3 % における全ガス圧依存性の実際の測定結果を示す。この測定結果から、（パルス後半部の割合）を 50 % 以上にするには、全ガス圧は 3.5 気圧以下であることが望ましいと言える。

【 0 0 8 4 】

主放電電極 2、2 間の間隔に関しては、この間隔を d 、全ガス圧を P とした場合、 $d \cdot P$ が同じ場合に放電開始電圧も略等しくなるので、主放電電極 2、2 間の間隔が狭くなれば、放電開始電圧が低くなり、1 次電流が相対的に減少する。そのため、主放電電極 2、2 間の間隔が減少すると（パルス後半部の割合）が増加する。具体的には、特願平 1 1 - 3 6 2 6 8 8 号のロングパルス化に基づく 14 ~ 18 mm の範囲内で 17 mm 以下であることが望ましい。

【 0 0 8 5 】

また、光共振器の出力鏡 6 の反射率に関しては、その反射率が増加すると共振器中に溜まる割合が相対的に高くなり、（パルス後半部の割合）が増加する。図 1 3 に、 $C_p : 9 \text{ nF}$ 、 $C_2 : 12 \text{ nF}$ 、 A_r 濃度 3 %、全ガス圧 3.5 気圧における出力鏡反射率依存性の実際の測定結果を示す。この測定結果から、（パルス後半部の割合）を 50 % 以上にするには、出力鏡反射率は 50 % 以上であることが望ましいと言える。

【 0 0 8 6 】

以上の C_p / C_n 、 A_r 濃度、レーザガスの全圧、主放電電極 2、2 間の間隔、光共振器の出力鏡 6 の反射率の条件の何れか 1 つ以上を選択して用いることにより、（パルス後半部の割合）を 50 % 以上にすることができる。

【 0 0 8 7 】

このような知見に基づいた実際のレーザパルス波形を図 6、図 7、図 8 に示す。これらの例においては、 C_p/C_2 のみを変化させて、（パルス後半部の割合）を変化させている。何れも、Ar 濃度：3 %、全ガス圧：3.5 気圧、主放電電極 2、2 間の間隔：16 mm、出力鏡 6 の反射率：60 %、フッ素濃度（分圧）：0.085 % であり、レーザパルス持続時間：70 ns、レーザパルスの出力波形の半値幅 FWHM：40 ns であるが、図 6 の場合は、 $C_p/C_2 = 8 \text{ nF} / 12 \text{ nF} = 0.67$ で、（パルス後半部の割合）が 62 % で、スペクトル幅 FWHM が 0.31 pm であり、図 7 の場合は、 $C_p/C_2 = 9 \text{ nF} / 12 \text{ nF} = 0.75$ で、（パルス後半部の割合）が 50 % で、スペクトル幅 FWHM が 0.35 pm であり、図 8 の場合は、 $C_p/C_2 = 10 \text{ nF} / 12 \text{ nF} = 0.83$ で、（パルス後半部の割合）が 39 % で、スペクトル幅 FWHM が 0.36 pm であり、上記の数値限定の意味が実証される。

【0088】

以上は、ArF エキシマレーザ装置について説明してきたが、上記の基本原理は、フッ素 (F_2) ガス及びバッファーガスとしてヘリウム (He) 等の希ガスからなる混合ガスをレーザガスとして、同様に放電励起するフッ素レーザ装置や、フッ素 (F_2) ガス、クリプトン (Kr) ガス及びバッファーガスとしてのネオン (Ne) 等の希ガスからなる混合ガスをレーザガスとして、同様に放電励起する KrF エキシマレーザ装置にも適用できることは明らかである。

【0089】

以上、本発明の ArF エキシマレーザ装置、フッ素レーザ装置及び KrF エキシマレーザ装置をその原理と実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

【0090】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の露光用 ArF エキシマレーザ装置、KrF エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置によれば、レーザパルスの出力波形が前半ピークと後半ピークとからなる二山形状の波形であり、前半ピークのピーク値を P_1 、後半ピークのピーク値を P_2 とし、

$$(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$$

とするとき、(パルス後半部の割合)が50%以上であるので、ロングパルス化したA r Fエキシマレーザ装置において、スペクトル幅の半値全幅が0.35 p m以下に狭帯域化した露光用のものを実現することができる。また、K r Fエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置においては、従来のものよりロングパルス化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のA r Fエキシマレーザ装置の原理を説明するための波形図である。

【図2】

本発明を適用するA r Fエキシマレーザ装置の構成例を示す図である。

【図3】

本発明に基づく一例の励起回路を示す回路図である。

【図4】

1つの具体例におけるA r Fエキシマレーザ装置から得られた二山形状のレーザパルス波形を示す図である。

【図5】

二山形状のレーザパルス波形の発振初期から時間経過に応じた発振レーザ光のスペクトル幅の変化を調べた結果を示す図である。

【図6】

本発明による1例のA r Fエキシマレーザ装置から得られた二山形状のレーザパルス波形を示す図である。

【図7】

本発明による別の例のA r Fエキシマレーザ装置から得られた二山形状のレーザパルス波形を示す図である。

【図8】

比較例のA r Fエキシマレーザ装置から得られた二山形状のレーザパルス波形を示す図である。

【図9】

パルス後半部の割合に対するスペクトル幅をプロットした図である。

【図 1 0】

パルス後半部の割合の C_p / C_2 依存性の実際の測定結果を示す図である。

【図 1 1】

パルス後半部の割合の A_r 濃度依存性の実際の測定結果を示す図である。

【図 1 2】

パルス後半部の割合の全ガス圧依存性の実際の測定結果を示す図である。

【図 1 3】

パルス後半部の割合の出力鏡反射率依存性の実際の測定結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 … レーザチェンバ
- 2 … 放電電極
- 3 … 高電圧パルス発生装置
- 4 … ファン
- 5 … 狭帯域化モジュール
- 6 … 出力鏡
- 7 … ビームサンプラー
- 8 … 波形検出手段
- 9 … パルス幅算出手段
- 1 0 … コロナ予備電離部
- 1 1 … コロナ予備電離第 1 電極
- 1 2 … 誘電体チューブ
- 1 3 … コロナ予備電離第 2 電極
- S L 0 … 固体スイッチ保護用磁気スイッチ
- S L 1 … 第 1 の磁気スイッチ
- S L 2 … 第 2 の磁気スイッチ
- H V … 高電圧電源
- L 1 … インダクタンス
- S W … 固体スイッチ

C 0 …主コンデンサ

C 1 …第 1 のコンデンサ

C 2 …第 2 のコンデンサ

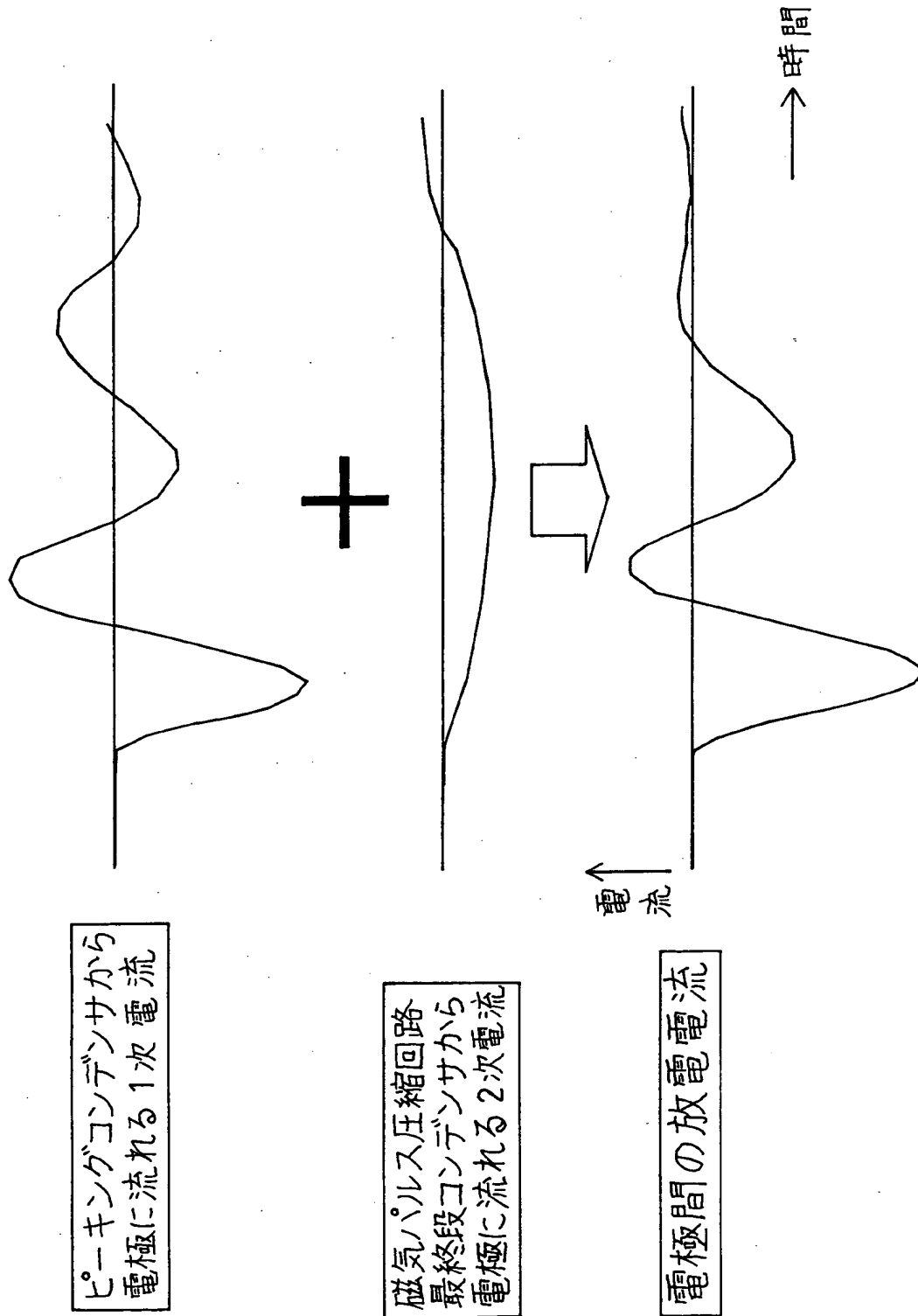
C p …ピーキングコンデンサ

C c …予備電離用コンデンサ

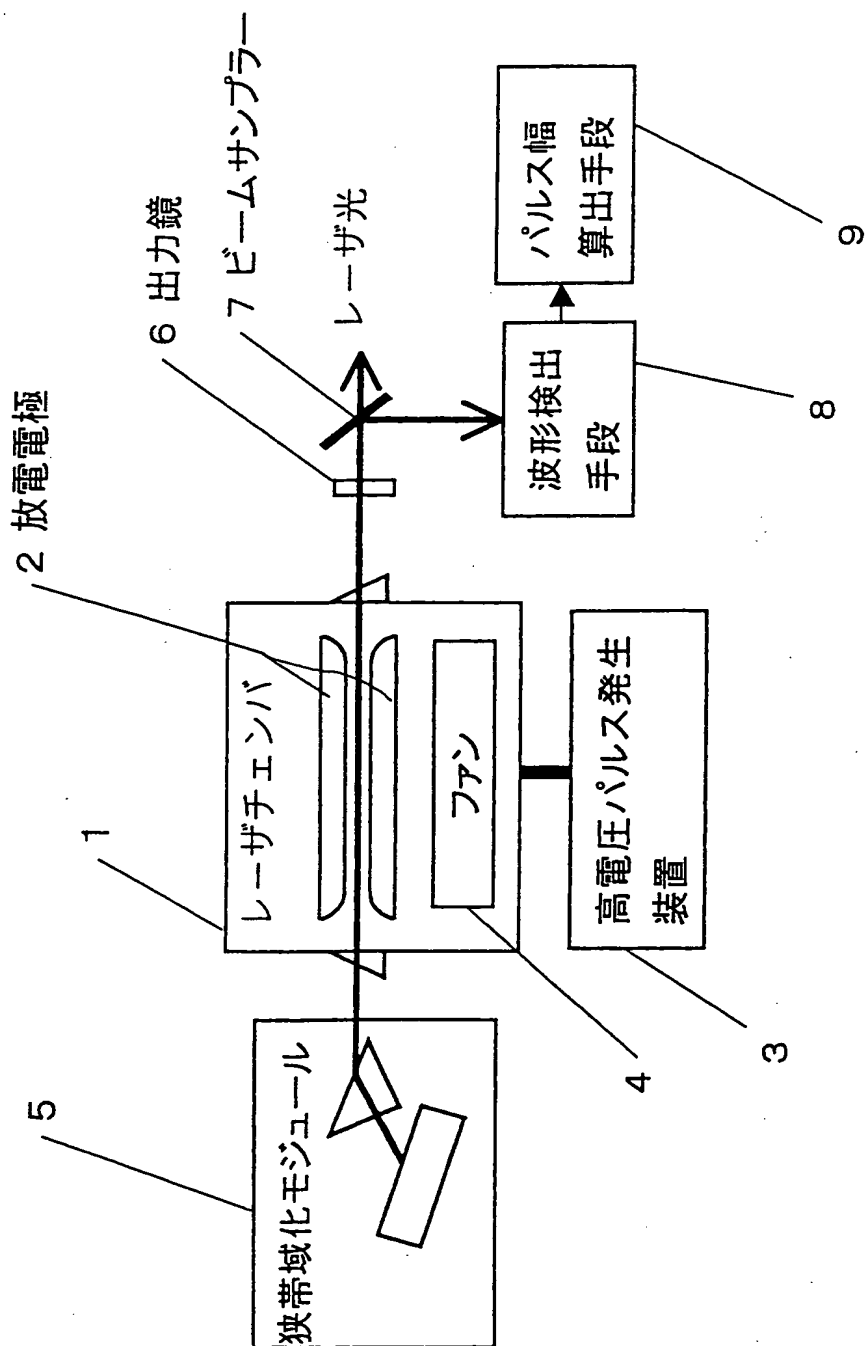
【書類名】

図面

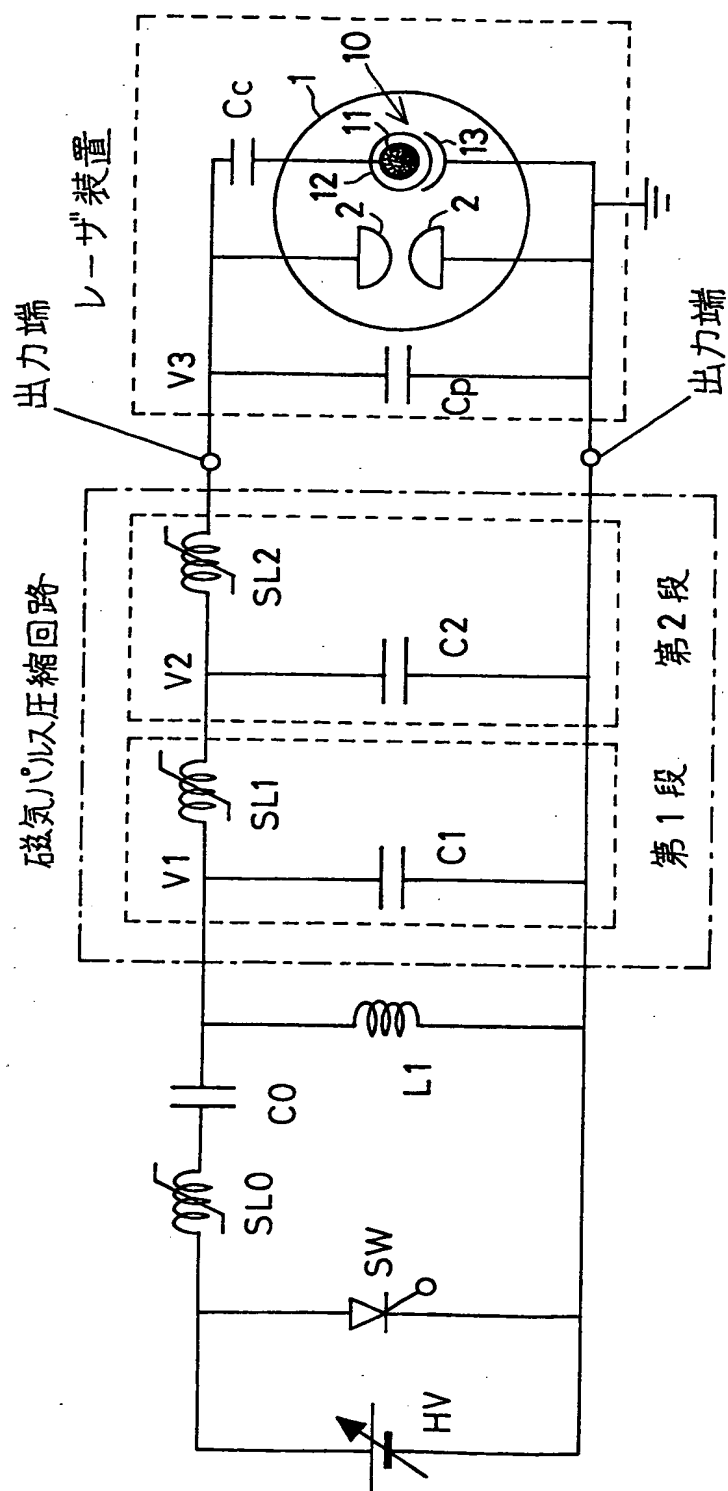
【図 1】



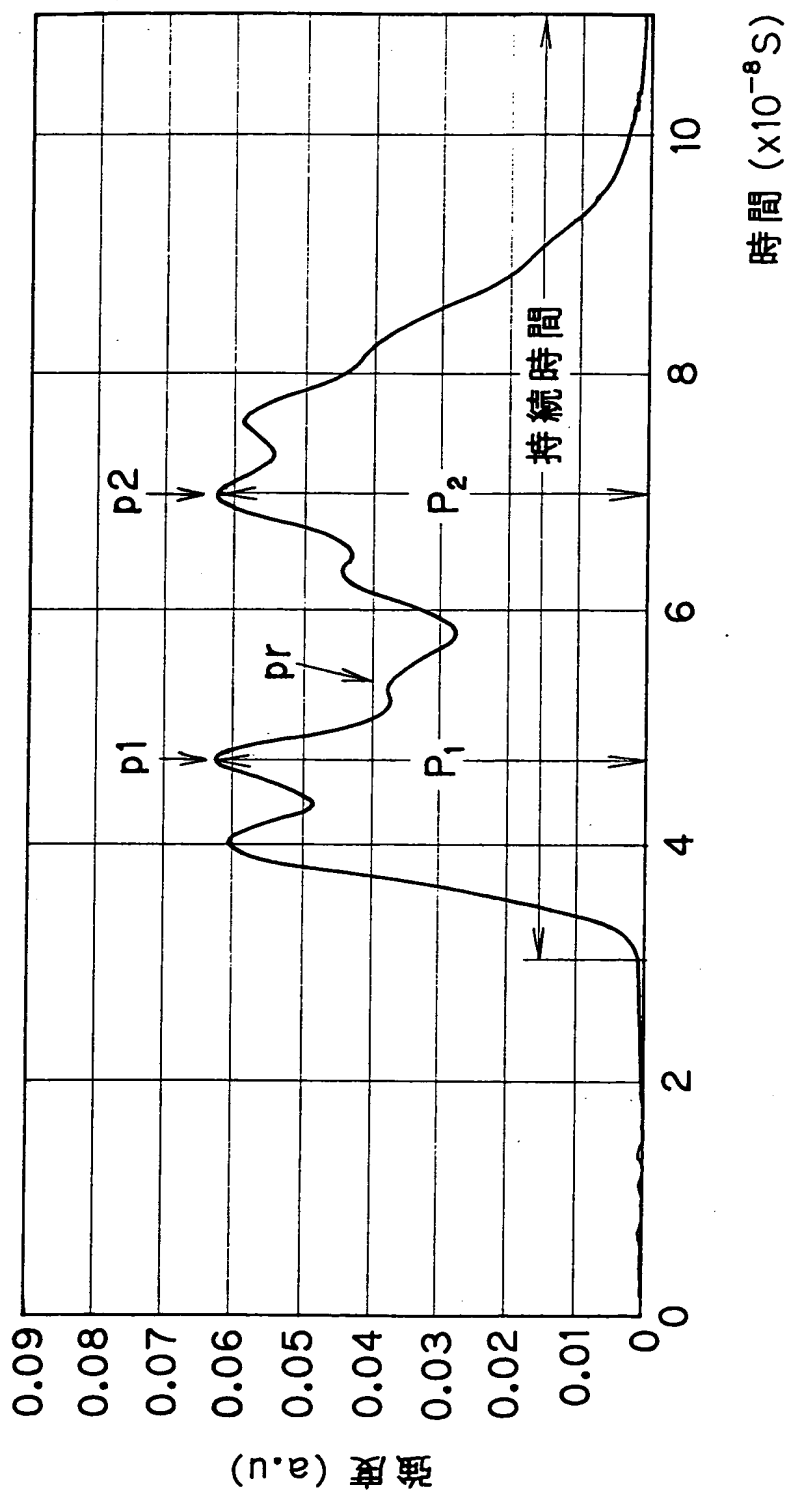
【図 2】



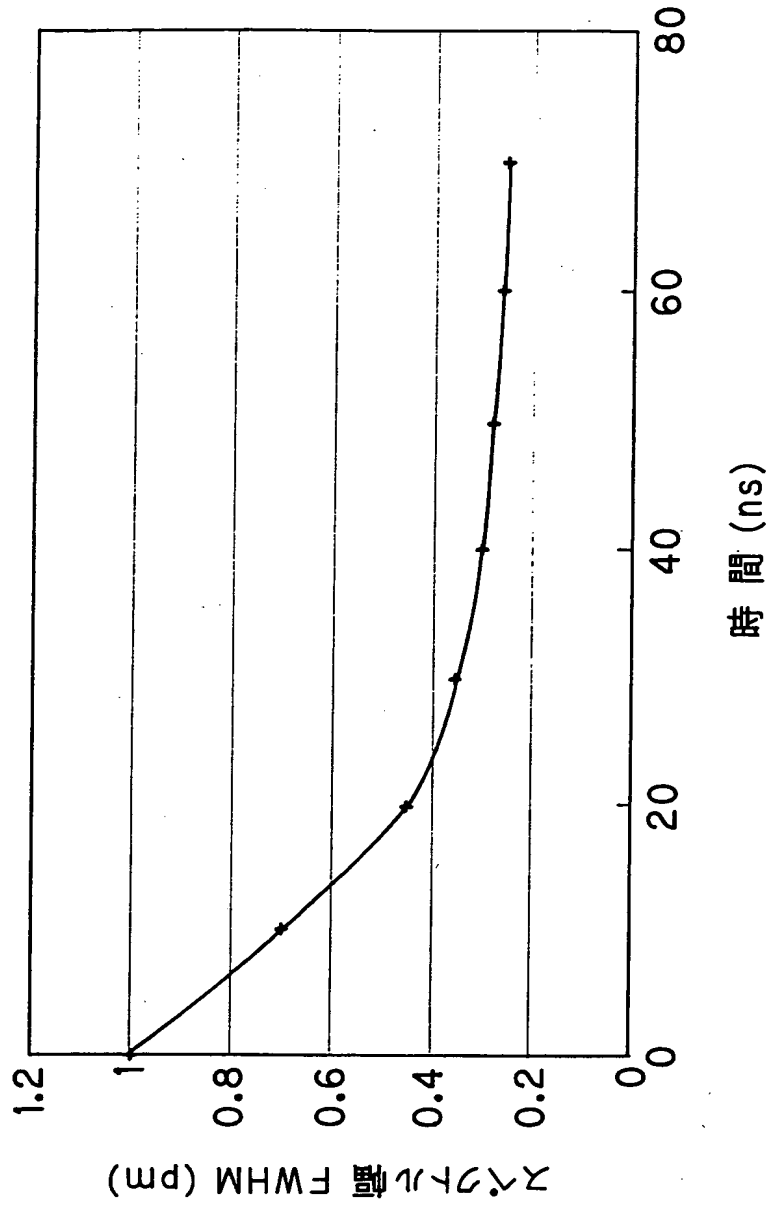
【図 3】



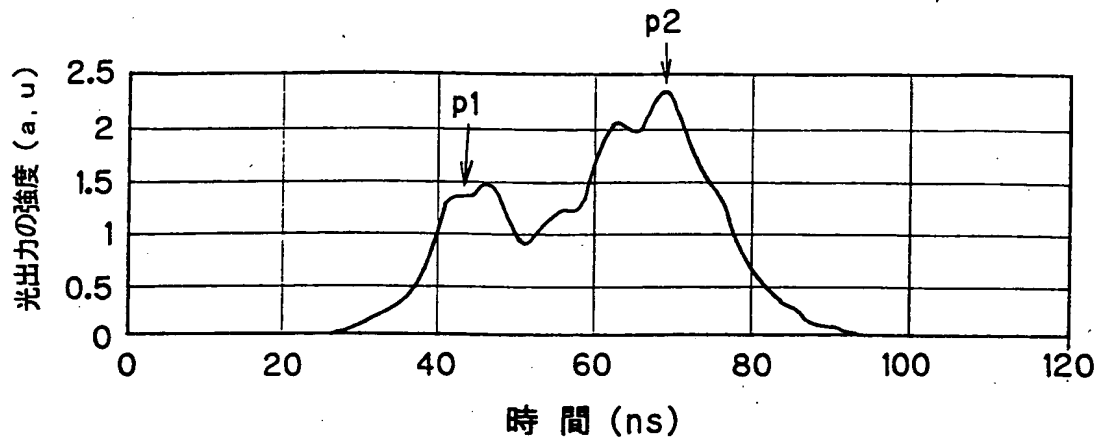
【図 4】



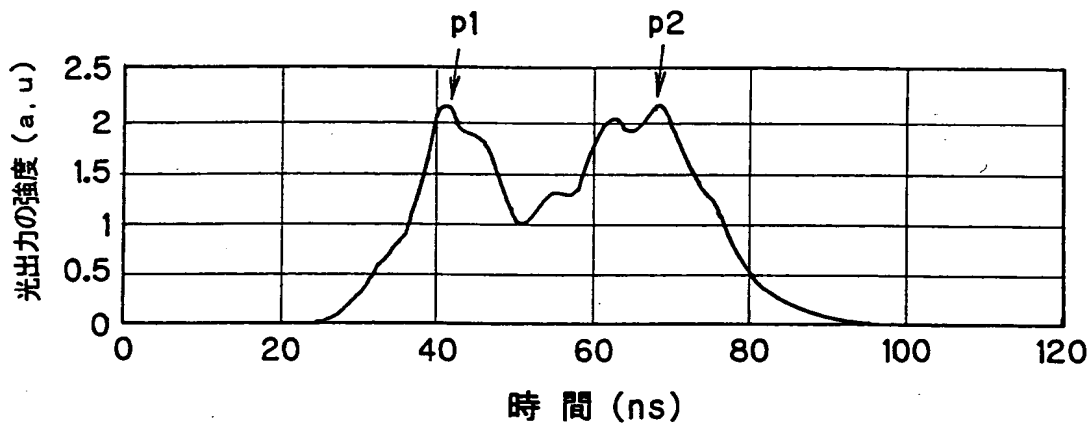
【図 5】



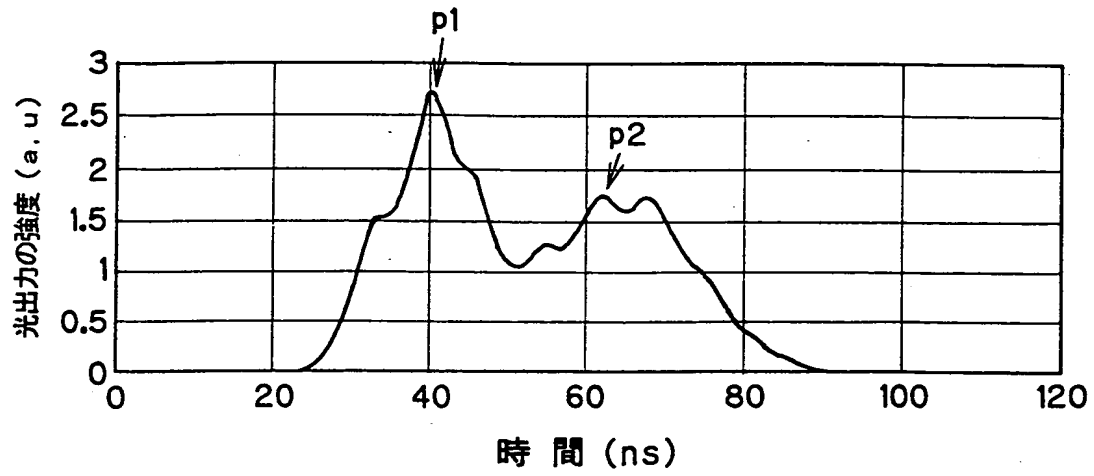
【図 6】



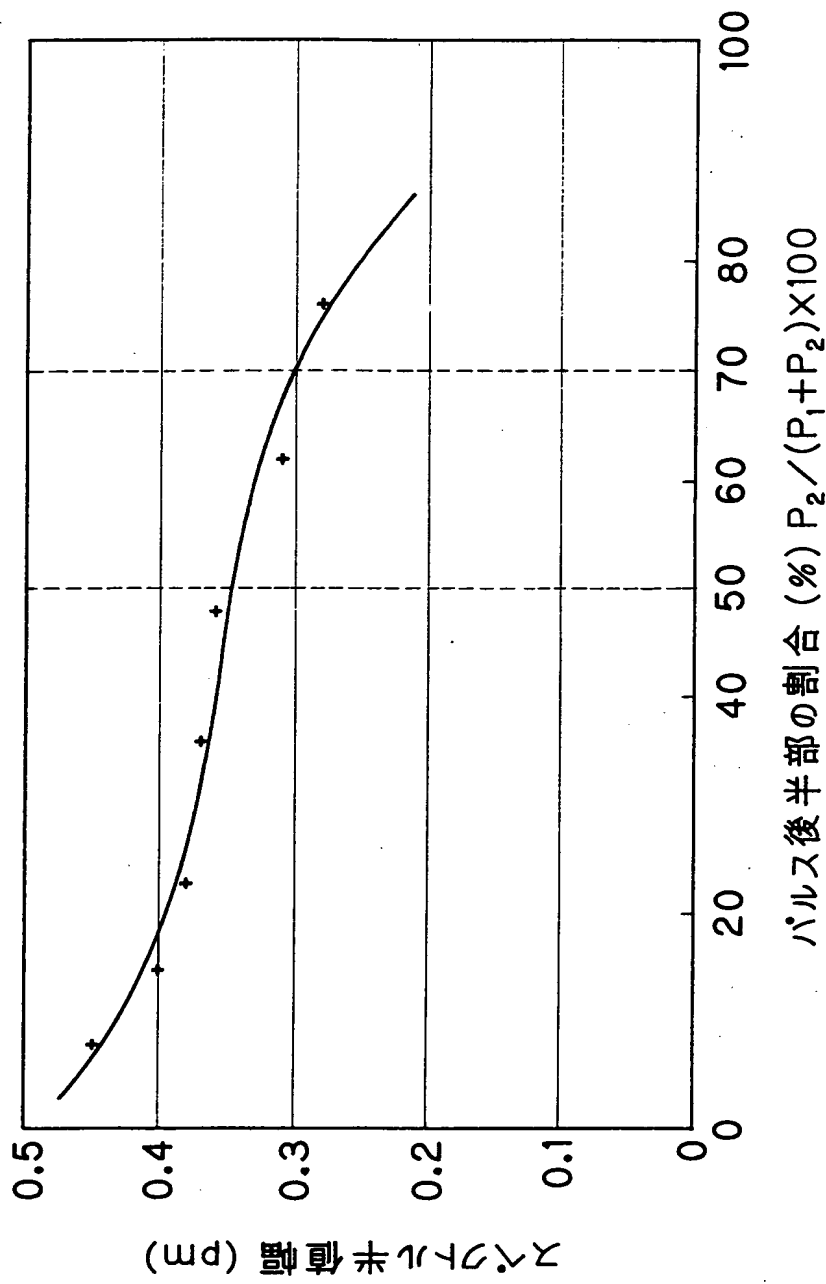
【図 7】



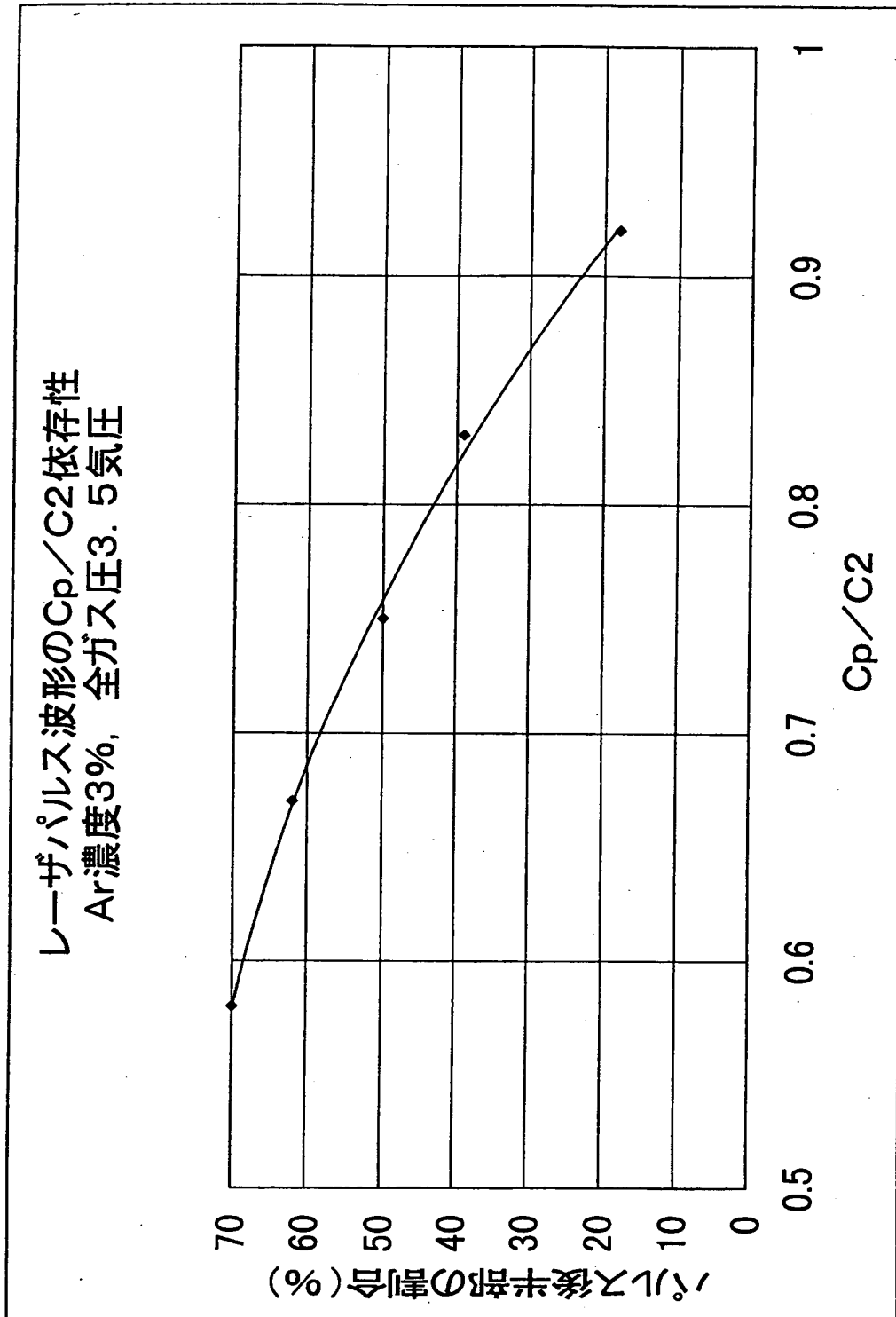
【図 8】



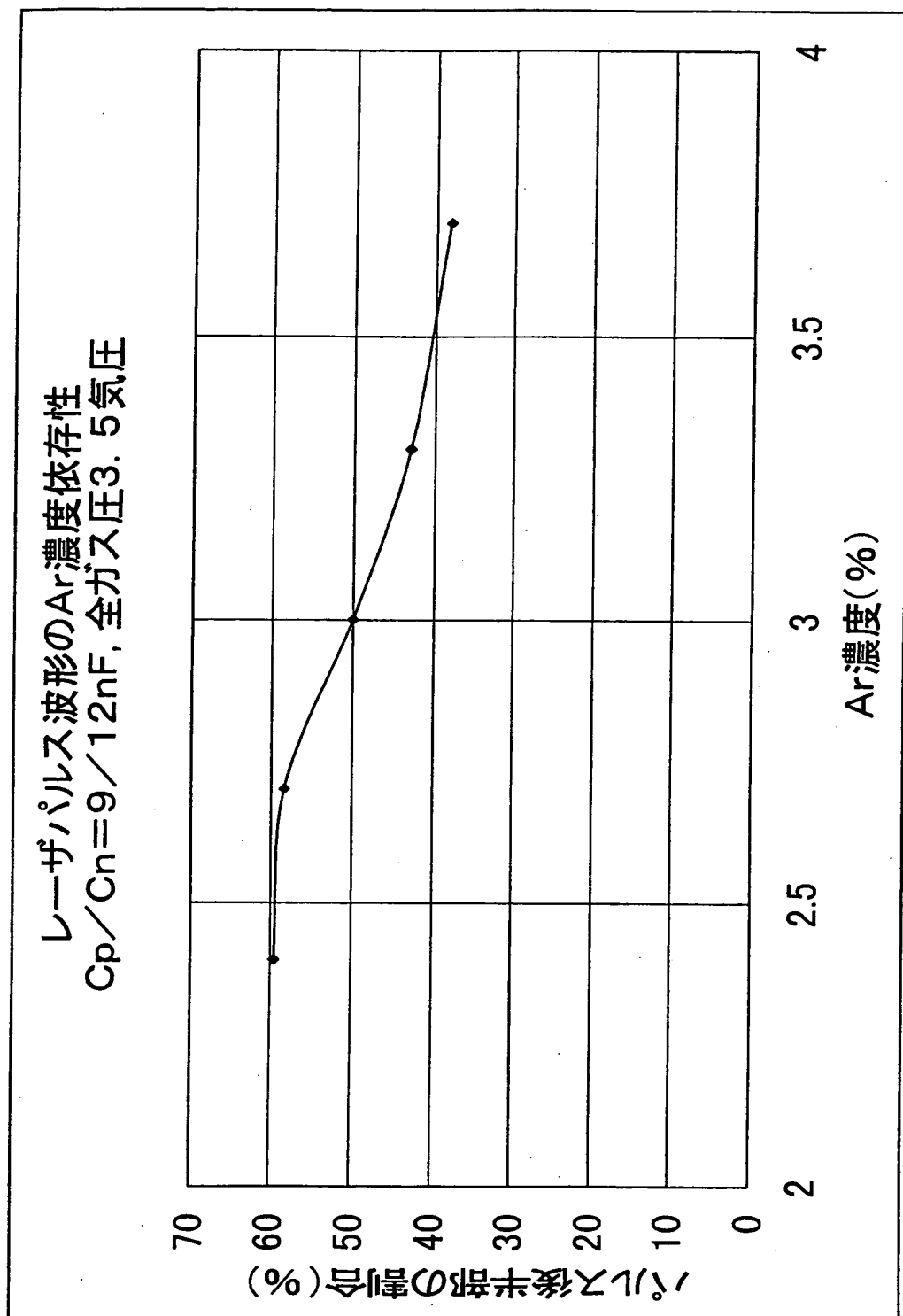
【図9】



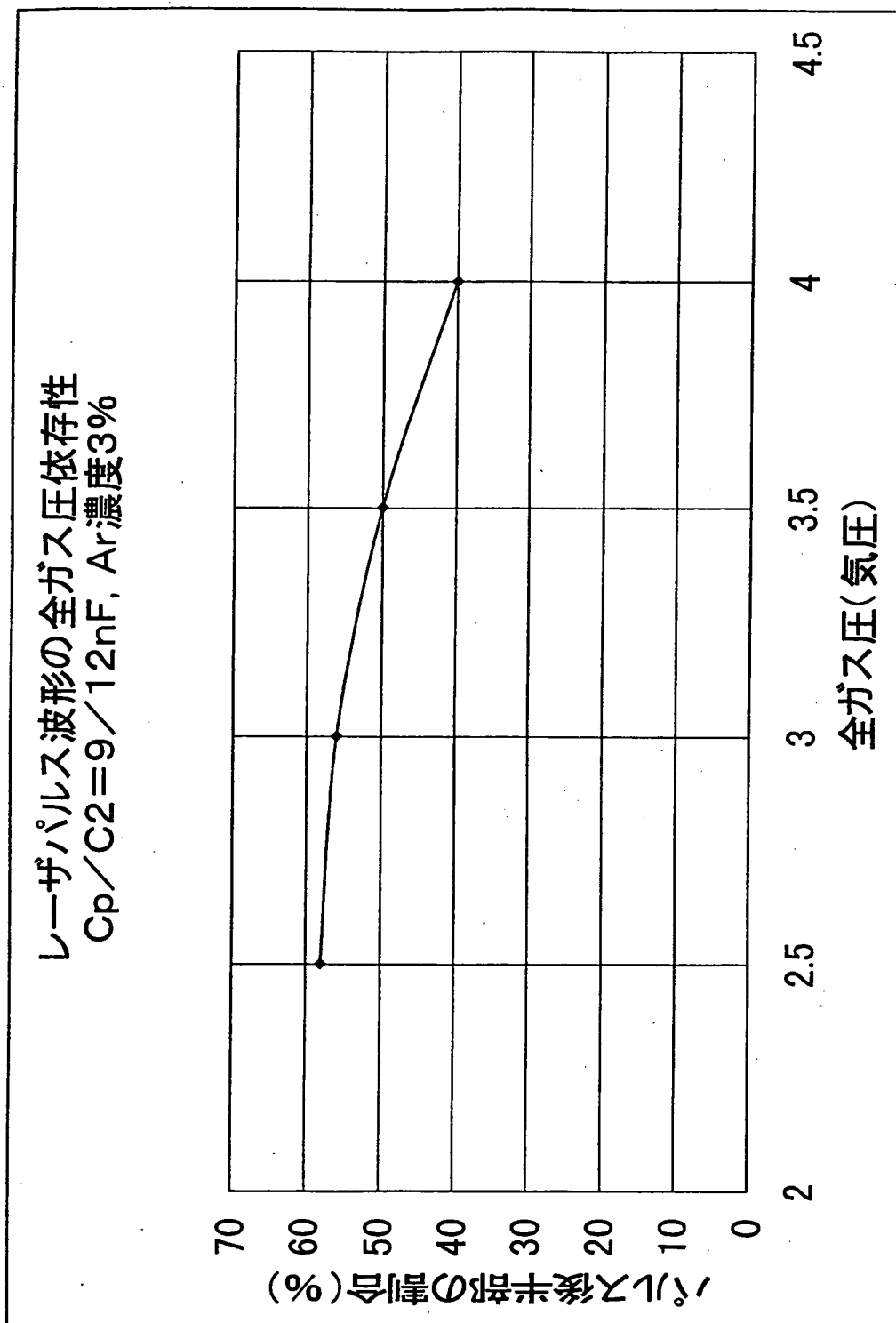
【図10】



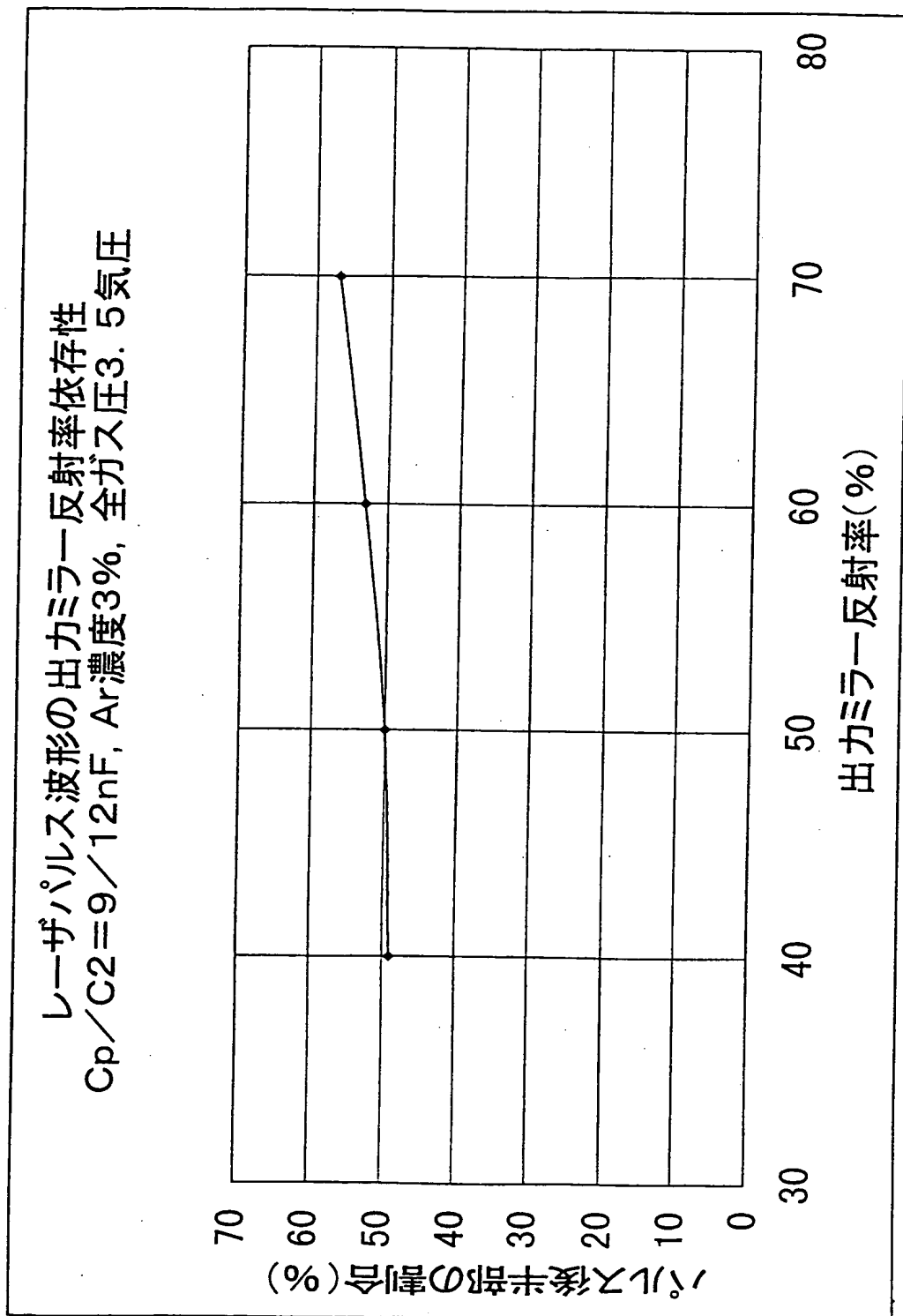
【図 11】



【図 12】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パルス幅の半値全幅が 20 ns 以上で、パルスの持続時間が 50 ns 以上で、スペクトル幅の半値全幅が 0.35 pm 以下のものが可能な Ar F エキシマレーザ装置、並びに、従来のものよりロングパルス化が可能な Kr F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置の提供。

【解決手段】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極とその一対のレーザ放電電極と並列に接続されたピーキングコンデンサとを有する Ar F エキシマレーザ装置において、レーザパルスの出力波形が前半ピーク p_1 と後半ピーク p_2 とからなる二山形状の波形であり、前半ピーク p_1 のピーク値を P_1 、後半ピーク p_2 のピーク値を P_2 とし、 $(\text{パルス後半部の割合}) = P_2 / (P_1 + P_2) \times 100 (\%)$ とするとき、 (パルス後半部の割合) が 50% 以上である Ar F エキシマレーザ装置。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397060245]

1. 変更年月日 1997年10月 2日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝1丁目11番11号
氏 名 株式会社ウシオ総合技術研究所
2. 変更年月日 2000年10月 4日
[変更理由] 住所変更
住 所 静岡県御殿場市駒門1丁目90番地
氏 名 株式会社ウシオ総合技術研究所